

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-56265

(P2000-56265A)

(43)公開日 平成12年2月25日 (2000.2.25)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

G 02 B 27/28

G 02 F 1/09

識別記号

505

F I

G 02 B 27/28

G 02 F 1/09

テーマコード(参考)

A 2H079

505 2H099

審査請求 未請求 請求項の数7 OL (全 5 頁)

(21)出願番号

特願平10-224122

(22)出願日

平成10年8月7日 (1998.8.7)

(71)出願人 000002060

信越化学工業株式会社

東京都千代田区大手町二丁目6番1号

(72)発明者 塩野 嘉幸

群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越化  
学工業株式会社精密機能材料研究所内

(72)発明者 流王 俊彦

群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越化  
学工業株式会社精密機能材料研究所内

(74)代理人 100088306

弁理士 小宮 良雄

Fターム(参考) 2H079 BA02 CA06 DA13 EA13 EA27

HA13 KA05

2H099 AA01 BA02 CA11

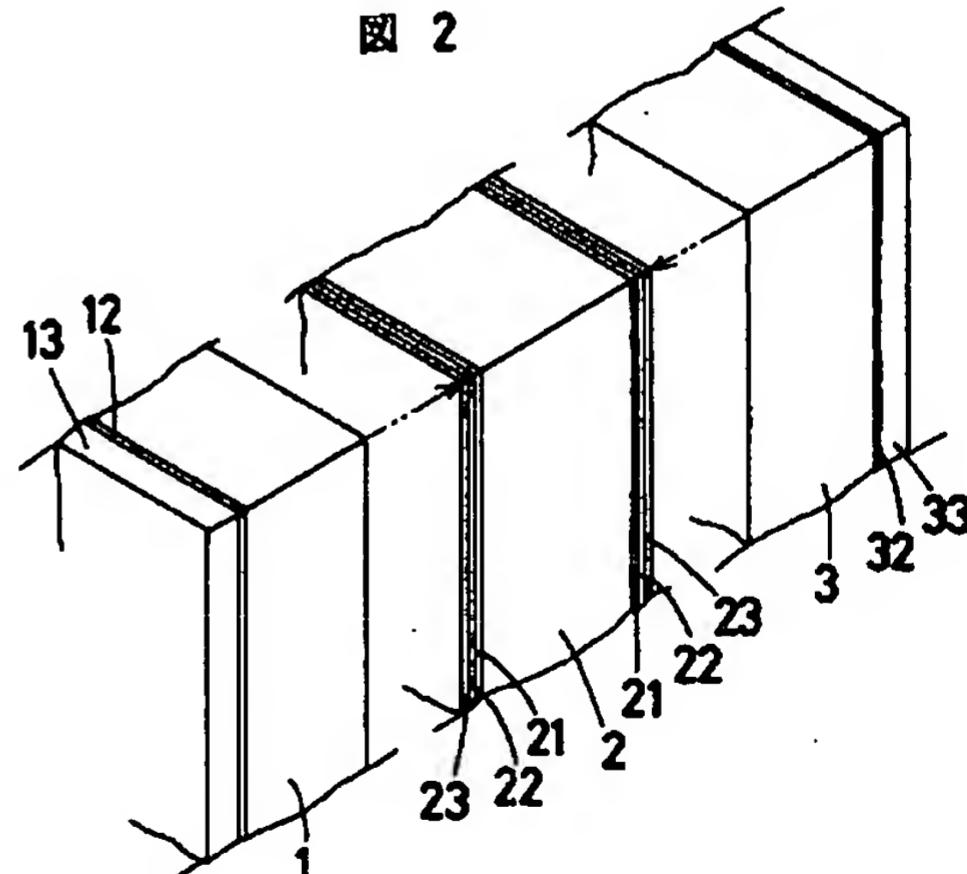
(54)【発明の名称】光アイソレータとその製造方法

(57)【要約】

【課題】光学接着剤、樹脂および低融点ガラスを使用し  
なくとも、強固な接合強度を有し、良好な挿入損失、消  
光比を有する光アイソレータを提供する。

【解決手段】光アイソレータは、金属酸化物の薄膜21  
・22・23をコートしてあるファラデー回転子2の両  
表面に、各々偏光子1および検光子3が接合され、ファ  
ラデー回転子2の表面の金属酸化物の薄膜23を構成す  
る金属元素と、偏光子1および検光子3に含まれる金属  
元素とが相互作用して一体化されている。

図 2



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 金属酸化物の薄膜をコートしてあるファラデー回転子の両表面に、各々偏光子および検光子が接合され、該ファラデー回転子の表面の該薄膜を構成する金属元素と、該偏光子および該検光子に含まれる金属元素とが相互作用して一体化されていることを特徴とする光アイソレータ。

【請求項 2】 該ファラデー回転子の該薄膜を構成する金属元素と、該偏光子および該検光子に含まれる金属元素とが各々有している水酸基が、水クラスターを介在して相互作用していることを特徴とする請求項 1 に記載の光アイソレータ。

【請求項 3】 該偏光子および該検光子が偏光ガラスまたはルチル単結晶からなり、該ファラデー回転子の該薄膜が金属酸化物の単層または多層構造からなることを特徴とする請求項 1 に記載の光アイソレータ。

【請求項 4】 該金属酸化物が、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{SiO}_2$ から選ばれることを特徴とする請求項 3 に記載の光アイソレータ。

【請求項 5】 ファラデー回転子の両表面に金属酸化物の薄膜をコートし、その両表面に各々偏光子および検光子を当接させ、熱処理することにより該薄膜を構成する金属元素と該偏光子および該検光子に含まれる金属元素とを相互作用させて一体化することを特徴とする光アイソレータの製造方法。

【請求項 6】 該ファラデー回転子に該偏光子および該検光子を当接するにあたり、酸または水で処理することを特徴とする請求項 5 に記載の光アイソレータの製造方法。

【請求項 7】 前記熱処理を 200~300°C で行うことの特徴とする請求項 5 に記載の光アイソレータの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

### 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光回路部品として使用され、順方向には光を透過するが逆方向には透過しない光アイソレータおよびその製造方法に関するものである。

### 【0002】

【従来の技術】 光通信システムで、半導体レーザーから発した光はレンズを介して光ファイバ端面に投影され伝送されるが、一部の光はレンズや光ファイバの端面で表面反射して半導体レーザーまで戻り、ノイズとなってしまう。この戻り光を除去するために光アイソレータが使用される。光アイソレータは、偏光子、ファラデー回転子および検光子により構成されている。

【0003】 例えば特開平 6-75189 号公報には、光学接着剤や樹脂を用いて偏光子、ファラデー回転子、検光子を接着し一体化する光アイソレータが開示されている。接着剤等で接着した光アイソレータは、耐湿性・

耐熱性が悪く、アウトガスを発生するため、光アイソレータの光軸がずれたり、他の光学部品に悪影響を及ぼすという問題があった。特開平 8-146351 号公報には、透光性の低融点ガラスで部材を接着した光アイソレータが開示されている。低融点ガラスを用いた光アイソレータは、偏光子または検光子とファラデー回転子の屈折率の相違による挿入損失を抑制するために施している無反射コートが劣化し、また偏光子、検光子が偏光ガラスのときは、偏光ガラスが劣化するという弊害があった。

### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は前記の課題を解決するためなされたもので、光学接着剤、樹脂および低融点ガラスを使用しなくとも、強固な接合強度を有し、良好な挿入損失、消光比を有しつつ光学面の劣化のない光学特性の優れた光アイソレータおよびその製造方法を提供することを目的とする。

### 【0005】

【課題を解決するための手段】 前記の目的を達成するためになされた本発明の光アイソレータは、実施例に対応する図 1 および図 2 に示すように、金属酸化物の薄膜 21・22・23 をコートしてあるファラデー回転子 2 の両表面に、各々偏光子 1 および検光子 3 が接合され、ファラデー回転子 2 の表面の薄膜 23 を構成する金属元素と、偏光子 1 および検光子 3 に含まれる金属元素とが、相互作用させて一体化されている。

【0006】 光アイソレータは、ファラデー回転子 2 の薄膜 23 を構成する金属元素と、偏光子 1 および検光子 2 に含まれる金属元素とが各々有している水酸基が、水クラスターを介在して相互作用している。

【0007】 相互作用は、ファラデー回転子 2 の薄膜 23 の材質が  $\text{SiO}_2$ 、偏光子 1 の材質が成分として  $\text{SiO}_2$  を含む偏光ガラスであると、以下のように推測される。これらの材質の  $\text{Si}$  に水が吸着されると  $\text{Si}-\text{OH}$  基が生成する。図 3 に示すように、ファラデー回転子 2 の薄膜 23 の  $\text{Si}-\text{OH}$  基が水クラスター 4 を介して偏光子 1 の  $\text{Si}-\text{OH}$  基に水素結合し、ファラデー回転子 2 と偏光子 1 とは接合する。または図 4 に示すように、ファラデー回転子 2 の薄膜 23 の  $\text{Si}-\text{OH}$  基と偏光子 1 の  $\text{Si}-\text{OH}$  基とが直接水素結合する。検光子 3 の偏光ガラスも同様の水素結合を生ずる。

【0008】 偏光子 1 は偏光ガラスまたはルチル  $\text{YVO}_4$  単結晶からなる。その表面には、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{SiO}_2$  の金属酸化物から選ばれる単層または多層の薄膜 12、13 からなる無反射コートを電子ビーム蒸着法により施してもよい。検光子 3 も偏光子 1 と同様である。

【0009】 ファラデー回転子 2 は、例えばガーネット単結晶の磁気光学材料からなる。単結晶の両面の薄膜 21・22・23 は金属酸化物の単層または多層構造からなる。この金属酸化物は  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{SiO}_2$  から

選ばれることが好ましい。薄膜21・22・23は、これらの金属酸化物を、透過光が無反射となる厚さに、電子ビーム法で蒸着されている。

【0010】本発明の光アイソレータの製造方法は、ファラデー回転子2の両表面に金属酸化物の薄膜をコートし、その両表面に各々偏光子1および検光子3を当接させ、熱処理することにより薄膜23を構成する金属元素と偏光子1および検光子3に含まれる金属元素とを相互作用させて一体化することを特徴とする。

【0011】この熱処理を行うことによって、ファラデー回転子2の表面の薄膜23を構成する金属元素と、偏光子1および検光子3に含まれる金属元素とが相互作用して一体化された光アイソレータが得られる。

【0012】この製造方法でファラデー回転子2に偏光子1および検光子3を当接するにあたり、酸または水で洗浄処理する。好ましくは塩酸-過酸化水素-純水の溶液、硫酸-過酸化水素-純水の溶液、アンモニア-過酸化水素-純水の溶液にて洗浄処理する。この洗浄処理によって、ファラデー回転子2の薄膜23、偏光子1、検光子3に含まれる金属元素に均一にOH基がつくため、相互作用し易くなる。

【0013】ファラデー回転子2に偏光子1および検光子3を当接後、熱処理するときの条件は200~300°C、特に好ましくは、250°C、2時間である。この条件で得た光アイソレータは、接合強度100g/mm<sup>2</sup>以上である。この温度より高温で熱処理すると接合面強度は大きくなる。この理由は以下のように推察される。偏光子1がSiO<sub>2</sub>を含む偏光ガラス、ファラデー回転子2の薄膜23がSiO<sub>2</sub>膜の場合、熱処理を200°C以下で行ったとき、Si間の相互作用は図3に示すような水素結合が主であり、偏光子1とファラデー回転子2の薄膜23との表面間の距離は0.7nmである。それに対し、熱処理条件が700°C以下の高温になるにつれ図4に示すような水素結合が主となり、表面間の距離は0.35nmとなる。

【0014】このような表面間の距離より大きな表面のマイクロラフネス、すなわち鏡面の全面にみられる数μmの厚さむらや数十μmのそりは、表面が弾性変形するため、接合においては全く支障がない。

【0015】本発明の熱処理条件で得た光アイソレータは挿入損失0.3dB以下、消光比35dB以上の良好な光学特性を有する。しかし、この熱処理条件以上では高温になるにつれ材質ごとの熱膨張係数による歪みが増大し、光アイソレータの消光比が小さくなってしまう。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例を図面により詳細に説明する。

【0017】図1に示すように、本発明の光アイソレータは、偏光子1、ファラデー回転子2、検光子3が接合されて一体化している。ファラデー回転子2は、ガーネ

ット単結晶からなる。その両面に、順にAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜21、TiO<sub>2</sub>膜22、SiO<sub>2</sub>膜23が蒸着されている。偏光子は、偏光ガラスからなり、ガラス成分にSiO<sub>2</sub>を含む。偏光子1の片表面にはTiO<sub>2</sub>膜12、SiO<sub>2</sub>膜13が蒸着され、無反射コーティングとなっている。検光子3も偏光子1と同様な構成である。

【0018】このような光アイソレータは以下のように製造される。まず、ファラデー回転子2と、偏光子1および検光子3を塩酸-過酸化水素-純水の溶液、硫酸-過酸化水素-純水の溶液にて順に洗浄処理する。ファラデー回転子2の一方の薄膜23に偏光子1の薄膜12、13が形成されていない面を当接させ、ファラデー回転子2の反対側の面に検光子3の薄膜32、33が形成されていない面を当接させ、250°C、2時間の熱処理する。このような処理によりファラデー回転子2の表面の薄膜23を構成するSiと、偏光子1および検光子3の材質に含まれるSiとが相互作用することにより一体化する。

【0019】以下に、本発明を適用する実施例と本発明を適用外の比較例を示し、詳細に説明する。

【0020】実施例1

ガーネット単結晶の表面を鏡面研磨加工で仕上げ、形状15mm×15mm、厚さ0.5mmに切断した。その両面に電子ビーム蒸着で順に厚さ80nmのAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜、厚さ50nmのTiO<sub>2</sub>膜、厚さ70nmのSiO<sub>2</sub>膜の3層を形成して、ファラデー回転子とした。

【0021】偏光ガラスの表面を鏡面研磨加工で仕上げ、形状15mm×15mm、厚さ0.5mmに切断した。その片面に電子ビーム蒸着で順に厚さ50nmのTiO<sub>2</sub>膜、厚さ265nmのSiO<sub>2</sub>膜の2層を形成して、偏光子および検光子とした。

【0022】偏光子、ファラデー回転子、検光子を塩酸:過酸化水素:純水が1:1:5の溶液、硫酸:過酸化水素:純水が1:1:5の溶液、アンモニア:過酸化水素:純水が1:1:5の溶液にて順番に5分間ずつ洗浄処理した。

【0023】ファラデー回転子の両表面に、偏光子および検光子の無反射コートしていない面を当接させ、室温で消光比が最大となるように光軸を調整した。このものを250°Cで2時間熱処理を行った後、放冷して一体化した。これを切断して形状2mm×2mmの光アイソレータを試作した。

【0024】試作した光アイソレータの接合強度は136g/mm<sup>2</sup>であった。挿入損失は0.19dB、消光比は37.7dBであった。挿入損失と消光比は、波長1.31μmで測定した。さらに接合界面と垂直の方向から光学顕微鏡で400倍にて接合界面の状態を観察したところ全ての試料で面内は全て一様に観察された。

【0025】実施例2

偏光子および検光子にルチル単結晶を用いたこと以外

は、実施例1と同様にして光アイソレータを試作した。接合強度は $121\text{ g/mm}^2$ であった。挿入損失は0.25dB、消光比は35.9dBであった。

#### 【0026】比較例1

洗浄処理はアセトジ、純水で5分間行い、熱処理条件は200、300、400°C各2時間の3条件であることを変えた以外は実施例1と同様にして、3種類の光アイソレータを試作した。3種類はいずれも接合強度は28~33g/mm<sup>2</sup>しかなく十分な接合強度を得ることができなかつた。挿入損失は0.18~0.19dB、消光比は42.2~43.3dBであった。

#### 【0027】比較例2

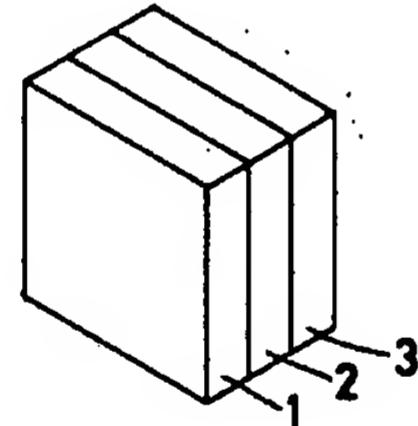
熱処理温度が100°Cであること以外は実施例1と同様にして、光アイソレータを試作した。接合強度は28g/mm<sup>2</sup>しかなく十分な結合強度は得られなかつた。

#### 【0028】比較例3

実施例1で準備した洗浄処理済みの偏光子、ファラデー回転子、検光子を透光性低融点ガラスで接着した。低融点ガラスは、波長1.31μmでの屈折率が1.51である。350°C、2時間の熱処理を行い接着固定し、光アイソレータを試作した。接合強度は620g/mm<sup>2</sup>と強固な接合強度を有していた。しかし挿入損失1.8dB、消光比30.6dBであった。光学顕微鏡400倍にて観察したところ接合界面の荒れが観察された。

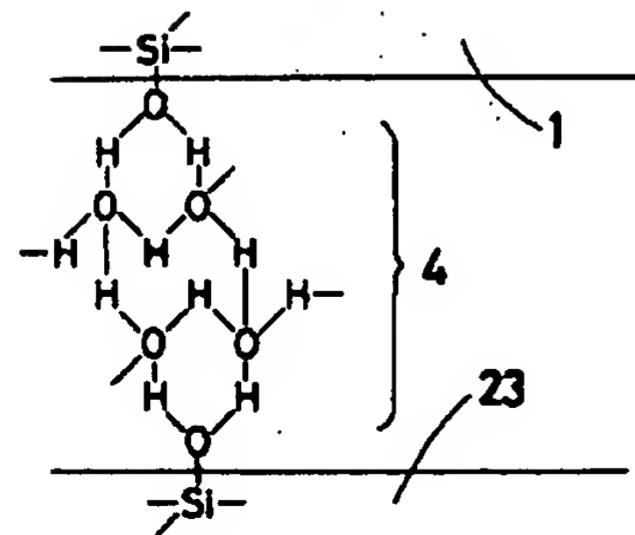
【図1】

図1



【図3】

図3



【0029】この結果、本発明の光アイソレータは、本発明を適用外の光アイソレータに比べ、接合強度、挿入損失および消光比が良好で、光学面の劣化がない。

#### 【0030】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明の光アイソレータは、強固な接合強度を有し、光学面の劣化が少なく、良好な挿入損失、消光比を有し光学特性が優れている。本発明の製造方法によれば、ホルダを必要とせず、光学接着剤、樹脂および低融点ガラスを使用しないため、工程数が少なく、低コストで信頼性の高い光アイソレータを提供することが可能になる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用する本発明の実施例の斜視図である。

【図2】本発明を適用する本発明の実施例の部分拡大図である。

【図3】水素結合の結合状態を説明する図である。

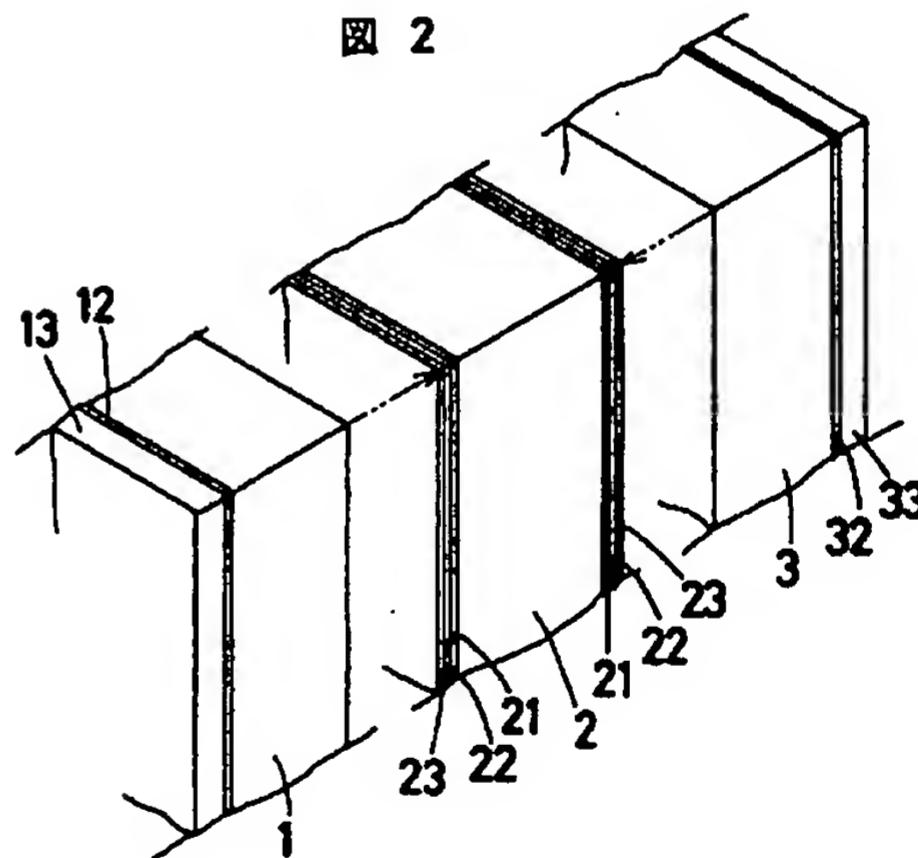
【図4】同じく水素結合の結合状態を説明する図である。

#### 【符号の説明】

1は偏光子、2はファラデー回転子、3は検光子、4は水クラスター、12、22、32はTiO<sub>2</sub>膜、13、23、33はSiO<sub>2</sub>膜、21はAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜である。

【図2】

図2



【図4】

